

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
28 juillet 2005 (28.07.2005)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 2005/069473 A1**

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : **H02N 1/00**

(21) Numéro de la demande internationale :  
PCT/FR2004/050759

(22) Date de dépôt international :  
23 décembre 2004 (23.12.2004)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :  
0351211 26 décembre 2003 (26.12.2003) FR

(71) Déposants (pour tous les États désignés sauf US) : **COM-  
MISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE** [FR/FR];  
31-33 rue de la Fédération, F-75752 PARIS 15ème (FR).  
**CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE** [FR/FR]; 3 rue Michel Ange, F-75016 PARIS  
(FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **CHAR-  
TON, Julien** [FR/FR]; 18, rue Désiré Granet, F-38190  
Brignoud (FR). **DIVOUX, Claire** [FR/FR]; 8, rue  
Marceau, F-38000 GRENOBLE (FR).

(74) Mandataire : **LEHU, Jean**; BREVATOME, 3, rue du  
Docteur Lancereaux, F-75008 PARIS (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de  
protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO,  
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,  
GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,  
KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG,  
MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH,  
PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN,  
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre  
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,  
GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,  
ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM),  
européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI,  
FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO,  
SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,  
GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

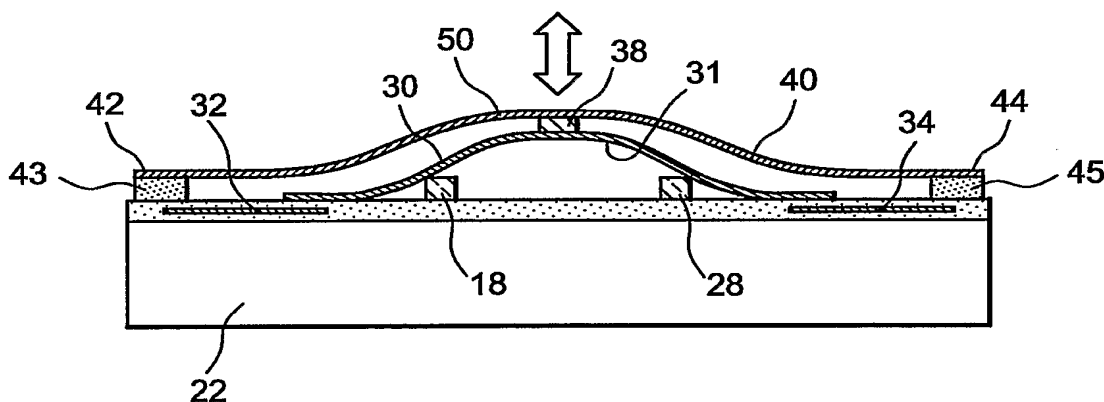
Publiée :

— avec rapport de recherche internationale

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: ELECTROSTATIC MEMS COMPONENTS PERMITTING A LARGE VERTICAL DISPLACEMENT

(54) Titre : COMPOSANTS MEMS ELECTROSTATIQUES PERMETTANT UN DEPLACEMENT VERTICAL IMPORTANT



(57) Abstract: The invention relates to an electrostatic operating device, comprising a flexible electrode (30), with a first and a second end, at least one part of said electrode being mobile with relation to a substrate, two electrodes (32, 34), fixed with relation to the substrate (22) and means (18, 28), forming two pivots for the flexible electrode, arranged between the two ends of the flexible electrode.

(57) Abrégé : L'invention concerne un dispositif d'actionnement électro-statique, comportant une électrode souple (30), ayant une première et une deuxième extrémités, au moins une partie de cette électrode étant mobile par rapport à un substrat, deux électrodes (32, 34), fixes par rapport au substrat (22), des moyens (18, 28), formant deux pivots de l'électrode souple, situés entre les deux extrémités de l'électrode souple.

WO 2005/069473 A1



---

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

**COMPOSANTS MEMS ELECTROSTATIQUES PERMETTANT UN  
DEPLACEMENT VERTICAL IMPORTANT**

**DESCRIPTION**

**5    DOMAINE TECHNIQUE ET ART ANTERIEUR**

L'invention concerne un dispositif d'actionnement électrostatique à performance mécanique améliorée.

On appelle actionnement de type "zipping",  
10 ou « à fermeture progressive ou par glissière », un actionnement électrostatique particulier, pour lequel une électrode mobile vient accoster ou est plaquée le long d'un isolant la séparant d'une électrode fixe, ce mouvement se faisant progressivement et presque  
15 linéairement avec la tension appliquée.

Des dispositifs connus, fonctionnant sur ce principe, sont décrits dans l'article de J. Gravensen et al. « A New Electrostatic Actuator providing improved Stroke length and Force », MEMS'92 ou dans le  
20 document WO 92/22763.

Or, aucun des dispositifs existants ne permet une course verticale supérieure à l'épaisseur des structures qui le composent.

D'une manière générale, les dispositifs  
25 existants ne permettent non plus d'obtenir un déplacement important, avec une force relativement importante.

Il se pose donc le problème de trouver un nouveau dispositif.

30 De préférence un tel dispositif permet d'obtenir un déplacement important.

**EXPOSÉ DE L'INVENTION**

L'invention concerne d'abord un dispositif ou un microdispositif d'actionnement électrostatique, comportant :

- 5                   - au moins une électrode souple, ou électrode mobile par rapport à un substrat,
- au moins une électrode, fixe par rapport au substrat,
- des moyens formant au moins un pivot de
- 10 l'électrode souple, ou d'au moins une portion ou un point de cette électrode souple.

L'invention met en œuvre une électrode souple, qui va pivoter autour de moyens formant pivot lorsqu'une tension est appliquée entre l'électrode

15 mobile et l'électrode fixe ou les électrodes fixes.

La partie mobile de l'électrode mobile peut jouer le rôle de bras de levier afin de transmettre un mouvement à, par exemple, une charge située en une partie mobile de cette électrode ou à son extrémité

20 mobile.

Les moyens formant pivot permettent d'obtenir un effet de pivot sans charnière (difficile à réaliser), et sans bras de torsions (sujets à des translations parasites).

25 L'invention n'a en outre pas besoin de bras de rappels que l'on trouve dans la plupart des autres actuateurs électrostatiques, car l'électrode souple fournit à sa partie libre la force de rappel mécanique nécessaire.

30 L'invention permet un déplacement d'une partie libre ou d'une extrémité libre de l'électrode,

perpendiculairement au substrat, déplacement qui peut avoir une amplitude quelconque, typiquement de quelques microns à quelques dizaines de microns (par exemple 5  $\mu\text{m}$  à 50  $\mu\text{m}$  ou 100  $\mu\text{m}$ ), et notamment supérieure à  
5 l'épaisseur moyenne des couches rencontrées dans le domaine microélectronique, épaisseur moyenne qui peut être par exemple de l'ordre de quelques  $\mu\text{m}$ , par exemple entre 1  $\mu\text{m}$  et 5  $\mu\text{m}$ .

Ceci est avantageux car la réalisation,  
10 dans ce domaine, de couches structurales ou sacrificielles épaisses, qui peuvent assurer un déplacement au-delà de quelques  $\mu\text{m}$ , est difficile.

Une charge peut être disposée sur l'électrode souple, du côté d'une extrémité mobile ou  
15 sur une partie mobile, par exemple entre deux pivots. Cette charge peut être une charge mécanique, et/ou un contact électrique, et/ou un composant électrique ou optique ou encore une membrane, notamment formant un miroir.

20 Chaque électrode fixe est de préférence située entre des moyens formant pivot et une extrémité de l'électrode souple voisine de ces moyens.

Une couche isolante permet de séparer chaque électrode fixe et l'électrode mobile, cette  
25 couche isolante étant sur le substrat ou sur l'électrode mobile.

Les moyens formant pivot peuvent comporter un ou plusieurs plots, fixes par rapport au substrat, chaque plot pouvant avantageusement avoir une extrémité  
30 arrondie.

Selon une variante, les moyens formant pivot comportent au moins un bras disposé latéralement par rapport à l'électrode souple, ou deux bras disposés de part et d'autre de cette électrode.

5 L'invention concerne également un dispositif d'actionnement électro-statique, comportant :

- une électrode souple, ayant une première et une deuxième extrémités, au moins une partie de  
10 cette électrode étant mobile par rapport à un substrat,
- deux électrodes, fixes par rapport au substrat,
- des moyens, formant deux pivots de l'électrode souple, situés entre les deux extrémités de  
15 l'électrode souple.

De préférence, chacune des deux électrodes fixes, ou au moins une partie de chacune de ces électrodes fixes, est située en face d'une portion de l'électrode mobile située entre un des moyens formant  
20 pivot et l'extrémité de l'électrode qui est la plus proche de ces moyens.

L'invention concerne également un procédé de réalisation d'un dispositif d'actionnement électro-statique, comportant :

- 25 - la formation d'une première partie comportant une électrode souple, ayant une première et une deuxième extrémité,
- la formation d'une deuxième partie comportant un substrat, deux électrodes, fixes par  
30 rapport au substrat, et des moyens, destinés à former deux pivots de l'électrode souple,

- l'assemblage des première et deuxième parties, au moins une partie de l'électrode souple étant, après assemblage, mobile par rapport à un substrat, les moyens formant deux pivots de l'électrode  
5 souple étant situés entre les deux extrémités de l'électrode souple.

L'assemblage peut être réalisé par collage, ou scellement, ou par simple contact, en déposant une partie sur l'autre.

10 Un tel procédé peut en outre comporter une étape de formation d'une couche diélectrique sur l'électrode mobile et/ou sur au moins les deux électrodes fixes et éventuellement sur le ou les plots.

L'invention concerne également un procédé  
15 de réalisation d'une membrane déformable, comportant :

- la réalisation d'un dispositif d'actionnement électro-statique selon l'invention,

- la formation d'une membrane, et de moyens de fixation de cette membrane à l'électrode souple.

20 La membrane, et les moyens de fixation de cette membrane à l'électrode souple peuvent être réalisés sur ou avec l'électrode souple.

Par exemple, la membrane peut servir de, ou être la membrane d'un, miroir ou d'un correcteur de  
25 front d'onde.

Un dispositif selon l'invention peut être réalisé en au moins deux parties, qui sont ensuite simplement empilées l'une sur l'autre et assemblées ou simplement posées l'une sur l'autre. Ceci réduit donc  
30 la complexité de chaque partie, et permet d'utiliser, pour chaque partie, des technologies très différentes

de celles utilisées pour l'autre partie. Cela permet aussi de démonter le dispositif pour inspection ou réparation.

L'invention concerne également un procédé  
5 de fonctionnement d'un dispositif selon l'invention, dans lequel :

- une différence de potentiel est appliquée entre l'électrode mobile et chaque électrode fixe, dites respectivement première et deuxième électrode  
10 fixe, cette différence de potentiel générant une force électrostatique en attraction entre les deux électrodes de chaque couple d'électrodes (électrode mobile, électrode fixe), de sorte que :

- les moyens formant pivots constituent des  
15 points d'appui pour la structure mobile, lorsque celle-ci est attirée par l'une et/ou l'autre des électrodes fixes, la partie centrale de l'électrode souple, ou la partie de cette électrode souple située entre les moyens formant pivots, se déplaçant, ou montant et  
20 descendant, sous l'effet de forces mécaniques, tandis que les parties latérales sont soumises aux forces électrostatiques.

L'invention concerne également un procédé de fonctionnement d'un dispositif selon l'invention,  
25 dans lequel :

- une différence de potentiel est appliquée entre l'électrode mobile et chaque électrode fixe, dites respectivement première et deuxième électrode fixe, cette différence de potentiel générant une force  
30 électrostatique en attraction entre les deux électrodes



de chaque couple d'électrodes (électrode mobile, électrode fixe), de sorte que :

- si on diminue la différence de potentiel entre la première électrode fixe et l'électrode mobile, et si on augmente la différence de potentiel entre la deuxième électrode fixe et l'électrode mobile, la structure mobile bascule progressivement du côté de la première électrode fixe,
- si on augmente la différence de potentiel entre la première électrode fixe et l'électrode mobile, et si on diminue la différence de potentiel entre la deuxième électrode fixe et l'électrode mobile, la structure mobile bascule progressivement du côté de la deuxième électrode fixe,
- si on diminue la différence de potentiel entre la première électrode fixe et l'électrode mobile, et si on diminue simultanément la différence de potentiel entre la deuxième électrode fixe et l'électrode mobile, la structure mobile descend vers le substrat, suivant un axe dit axe ZZ',
- si on augmente la différence de potentiel entre la première électrode fixe et l'électrode mobile, et si on augmente simultanément la différence de potentiel entre la deuxième électrode fixe et l'électrode mobile, la structure mobile monte en s'éloignant du substrat, suivant l'axe ZZ'.

#### BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

- La figure 1 représente un premier mode de réalisation de l'invention,

- la figure 2 représente un autre mode de réalisation de l'invention, avec une structure symétrisée,

5       - les figures 3A et 3B représentent des étapes de réalisation d'un dispositif selon l'invention,

- les figures 4A à 4F représentent des étapes de réalisation d'un dispositif selon l'invention.

#### 10   **EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS**

Un exemple d'un dispositif selon l'invention est représenté sur la figure 1.

Une électrode fixe 12 est située en face d'une électrode mobile ou souple 10. Un point, ou une  
15   zone, de cette électrode souple, repose sur une butée ou un plot ou un pivot 18, positionné en décalage latéral, suivant la direction XX', par rapport à l'extrémité libre 16 de l'électrode souple qui peut être l'emplacement d'une charge. Cette dernière est par  
20   exemple une charge mécanique ou un contact mécanique ou électrique ou un composant électrique ou optique. La charge est donc sur le côté libre 17 de l'électrode 10, ou à proximité de l'extrémité 16, dite extrémité libre, c'est-à-dire du côté de l'électrode 10 non situé en  
25   face de l'électrode fixe 12 ou situé entre la zone ou la portion de l'électrode souple qui repose sur le pivot et l'extrémité libre de l'électrode souple. La charge peut être disposée sur l'une ou l'autre face de l'électrode 10.

30       Le pivot 18 est situé entre l'extrémité libre 16 et l'extrémité 11 de l'électrode 10 qui, en

fonctionnement, est fixe ou immobile par rapport au substrat.

Par la suite, cette extrémité 11 sera aussi appelée extrémité fixe, ce qui ne signifie pas qu'elle soit nécessairement fixée au substrat (bien qu'elle puisse l'être).

Le pivot 18 est par exemple sensiblement situé vers le milieu de l'électrode 10 suivant la direction XX'.

L'électrode fixe est située à la hauteur, ou en face d'une portion de l'électrode souple comprise entre l'extrémité 11 et le pivot 18, ou coopère avec une telle portion pour l'attirer par effet électrostatique.

Cet ensemble est aussi appelé actionneur.

La structure mobile 10 est isolée de l'électrode fixe 12 par une, ou des, couches isolantes 20. L'ensemble repose sur un substrat 22.

La couche isolante est située sur la structure fixe, comme illustré sur la figure 1, mais elle peut aussi être sur la structure mobile, celle-ci comportant par exemple une bicouche comportant une couche isolante et une couche d'électrode. IL en va de même pour le pivot 18.

L'ensemble repose sur un substrat 22.

Le pivot 18 permet de maintenir un point de l'électrode mobile à une hauteur minimale, éventuellement à une hauteur fixe, par rapport au substrat 22. Cette hauteur est mesurée suivant l'axe ZZ', perpendiculaire au plan de la couche isolante 20.

Selon un exemple le pivot a une hauteur par exemple comprise entre 1  $\mu\text{m}$  et 10  $\mu\text{m}$  ou 20  $\mu\text{m}$ .

L'électrode souple 10 a, quant à elle, une longueur L qui peut être de l'ordre de quelques  
5 centaines de  $\mu\text{m}$  ou encore comprise entre, par exemple, 50  $\mu\text{m}$  et 1 mm.

Le débattement ou l'amplitude du mouvement de l'extrémité libre 16 peut, dans ces conditions, être de l'ordre de quelques microns à quelques dizaines de  
10 microns, il est par exemple compris entre 5  $\mu\text{m}$  ou 10  $\mu\text{m}$  et 100  $\mu\text{m}$  ou 150  $\mu\text{m}$ .

La largeur de l'électrode 10, mesurée selon une direction perpendiculaire au plan de la figure 1, est de l'ordre de quelques dizaines de  $\mu\text{m}$  ou de  
15 quelques centaines de  $\mu\text{m}$ , par exemple comprise entre 20 ou 50  $\mu\text{m}$  et 500  $\mu\text{m}$  ou 1 mm.

Son épaisseur peut être comprise entre 500 nm et 5  $\mu\text{m}$ , par exemple égale à environ 1  $\mu\text{m}$ .

Toutes ces valeurs sont données à titre  
20 indicatif et des dispositifs selon l'invention peuvent être réalisés avec des valeurs numériques en dehors des plages indiquées ci-dessus.

Une différence de potentiel est appliquée entre l'électrode souple ou mobile 10 et l'électrode  
25 fixe 12. Cette différence de potentiel génère entre ces deux électrodes, et dans une zone de contact 15 située entre l'extrémité 11 et le pivot ou le plot 18, une force électrostatique en attraction. Cette force est facilement contrôlable avec la différence de potentiel.  
30 Des moyens de contrôle de cette différence de potentiel peuvent être prévus, mais ne sont pas représentés sur

la figure. L'électrode 10 et le plot peuvent être en matériau conducteur ou semi-conducteur, ce qui permet d'appliquer une tension à l'électrode 10 via le plot 18.

5 L'électrode souple 10 exerce une force élastique, et a tendance à reprendre sa forme rectiligne d'origine, d'où une tendance à réduire la zone de contact 15.

Si on diminue la différence de potentiel (ddp) entre l'électrode fixe 12 et l'électrode 10, la raideur intrinsèque de l'électrode 10 rappelle la charge vers le bas, et donc le bras de levier 17 se déplace vers le bas suivant l'axe ZZ', vers le substrat 22.

15 Si on augmente la ddp entre l'électrode fixe 12 et l'électrode 10, le bras de levier 17 se déplace vers le haut suivant l'axe ZZ', et donc éloigne la charge 16 du substrat 22. Cette partie 17 de l'électrode 10 située de l'autre côté du pivot 18 par rapport à l'électrode fixe subit une force de rappel mécanique.

Le pivot 18 constitue un point d'appui pour la structure mobile. L'électrode 10, ou plutôt la partie de cette électrode située en face de l'électrode 25 fixe 12, vient accoster ou est plaquée le long de l'isolant 20, ce mouvement, de même que le déplacement de la partie libre 17, se faisant progressivement et presque linéairement avec la tension appliquée.

Sur la figure 1, ce pivot est un plot. Le 30 sommet de ce plot, ou la zone de contact entre le plot et l'électrode 10, peut être arrondi pour faciliter le

pivotement de la membrane, limiter les mouvements horizontaux parasites, selon l'axe XX', et limiter également l'usure de l'électrode mobile en sa zone de contact avec le plot. D'autres moyens peuvent être mis  
5 en œuvre pour réaliser le pivot : par exemple un bras mécanique sur un côté de l'électrode 10, deux bras mécaniques de part et d'autre de l'électrode 10, ce qui a pour avantage de limiter le mouvement latéral (perpendiculaire au plan de la figure 1) de ce point.

10 Le pivot 18 peut être construit dans la partie mobile, ou dans les parties fixes. Il peut être placé en dessous, ou dans le plan de la partie mobile 10.

Un dispositif selon l'invention comporte  
15 donc :

- une électrode souple, dont au moins une extrémité est, en fonctionnement, fixe par rapport à un substrat, et dont une autre extrémité est mobile par rapport à ce substrat, une partie de l'électrode située  
20 entre ces deux extrémités étant ainsi mobile par rapport au substrat,

- au moins une électrode, fixe par rapport au substrat,

- des moyens formant un pivot de  
25 l'électrode souple, et situés entre son extrémité fixe et son extrémité mobile.

La figure 2 représente, en vue de côté, un mode de réalisation où la structure est symétrisée, ce qui permet de supprimer les rotations parasites  
30 transmises à la charge utile 16 et qui apparaissent

dans le mode de réalisation non symétrique de la figure 1.

Selon ce mode de réalisation de la figure 2, une électrode fixe 32, 34 est située en face de chaque extrémité d'une électrode mobile ou souple 30, dont deux points reposent chacun sur une butée ou un plot ou un pivot 18, 28, ou en face d'une portion de cette électrode souple située entre l'extrémité en contact avec la couche isolante et le pivot le plus voisin de cette extrémité. Ces deux plots ou pivots peuvent être positionnés de part et d'autre de l'emplacement 36 d'une charge, par exemple une charge mécanique ou un contact mécanique ou électrique ou un composant électrique ou optique.

La structure mobile 30 est, là encore, isolée des électrodes fixes 32, 34 par une, ou des, couches isolantes 20, situées sur la structure fixe, comme illustré sur la figure 2, mais qui peuvent aussi être sur la structure mobile, comme déjà décrit ci-dessus.

Les dimensions de la membrane mobile, et la hauteur des pivots 18, 28 peuvent être identiques ou similaires à celles déjà indiquées ci-dessus en liaison avec la figure 1.

De même les pivots peuvent avoir la forme de plots, éventuellement à sommet arrondi pour les raisons déjà exposées, ou peuvent avoir la forme d'un ou de deux bras latéraux.

Une différence de potentiel est appliquée entre l'électrode mobile 30 et chaque électrode fixe 32, 34. Cette différence de potentiel génère une force

électrostatique en attraction entre les deux électrodes de chaque couple d'électrodes (électrode mobile, électrode fixe). Cette force est facilement contrôlable avec la différence de potentiel. Des moyens de contrôle  
5 de cette différence de potentiel sont prévus mais non représentés sur la figure. La membrane ainsi que les plots peuvent être en matériau conducteur ou semi-conducteur, ou comporter des éléments en de tels matériaux, ce qui permet d'appliquer une tension à la  
10 membrane via les plots 18, 28. Il est également possible de réaliser des trous de connexion, puis de faire un dépôt de Si polycristallin, avant de graver la membrane mobile et de la libérer (cette étape étant expliquée plus loin en relation avec un procédé de  
15 réalisation).

Si on diminue la différence de potentiel (ddp) entre l'électrode fixe 32 et l'électrode mobile 30, et si on augmente la ddp entre l'électrode fixe 34 et l'électrode mobile 30, la structure mobile bascule  
20 progressivement du côté de l'électrode fixe 32.

Si on augmente la ddp entre l'électrode fixe 32 et l'électrode mobile 30, et si on diminue la ddp entre l'électrode fixe 34 et l'électrode mobile 30, la structure mobile bascule progressivement du côté de  
25 l'électrode fixe 34.

Si on diminue la différence de potentiel (ddp) entre l'électrode fixe 32 et l'électrode mobile 30, et si on diminue simultanément la ddp entre l'électrode fixe 34 et l'électrode mobile 30, la  
30 structure mobile, et donc la charge 16, descend vers le substrat, suivant l'axe ZZ'.



Si on augmente la différence de potentiel (ddp) entre l'électrode fixe 32 et l'électrode mobile 30, et si on augmente simultanément la ddp entre l'électrode fixe 34 et l'électrode mobile 30, la structure mobile, et donc la charge 16, monte en s'éloignant du substrat, suivant l'axe ZZ'.

Les pivots 18, 28 constituent ainsi des points d'appui pour la structure mobile, lorsque celle-ci est attirée par l'une et/ou l'autre des électrodes fixes 32, 34 : en fait la partie centrale 31 de la membrane, ou la partie située entre les pivots 18, 28, se déplace, ou monte et descend, sous l'effet de forces mécaniques, tandis que les portées latérales sont soumises aux forces électrostatiques.

L'invention concerne donc aussi un dispositif d'actionnement électro-statique, comportant :

- une électrode souple 10, qui a deux extrémités, cette électrode étant mobile par rapport à un substrat ;
- deux électrodes 32, 34, qui sont fixes par rapport au substrat,
- des moyens 18, 28, formant deux pivots de l'électrode souple, et qui sont situés entre les deux extrémités de l'électrode souple.

Les extrémités de l'électrode souple sont, en fonctionnement, fixes par rapport à un substrat, une partie de l'électrode, située entre ces deux extrémités, étant mobile par rapport au substrat.

Ce double actuateur peut être utilisé pour déformer verticalement ou latéralement une membrane 40,

par exemple servant de miroir ou de correcteur de front d'onde.

Une telle membrane est fixée du côté opposé au substrat à un point ou une zone de la membrane mobile 10 par exemple par un plot 38. Elle est aussi fixée latéralement, en ses extrémités 42, 44, par exemple sur le substrat 22 ou sur une couche isolante 20 qui le recouvre. Cette fixation peut être réalisée à l'aide de plots 43, 45 réalisés avantageusement lors de la même étape technologique que les plots 18, 28.

Il est possible de réaliser une pluralité d'électrodes souples, et une membrane 40. L'ensemble constitué de la membrane et des électrodes souples peut ensuite être posé sur un substrat comportant une matrice de paires d'électrodes rigides 32, 34 et de paires correspondantes de plots 18, 28 (figure 2) pour chaque électrode souple. Le mouvement de la membrane 40 est alors commandé par le mouvement de l'ensemble des électrodes souples. Tout ou partie de l'électronique de commande peut être intégrée au support des électrodes rigides. On réalise ainsi un dispositif de commande de la membrane 40, qui peut par exemple avoir une fonction de miroir déformable.

Un procédé de réalisation d'un dispositif selon l'invention met en œuvre les techniques de photolithographie, de gravure de substrats.

Ainsi, une électrode souple peut être formée dans une couche sur un premier substrat, par gravure. Il est également possible de réaliser des trous de connexion, puis de faire un dépôt de matériau pouvant réaliser des connexions, comme par exemple du

Si polycristallin, avant de graver la membrane mobile et de la libérer.

Les moyens formant pivot et les électrodes fixes peuvent être formées sur un deuxième substrat, par dépôt et gravure. Ils sont par exemple en polysilicium, et peuvent être recouverts d'une couche diélectrique qui permet de les isoler de l'électrode mobile. Selon une variante c'est l'électrode mobile qui peut être recouverte de cette couche diélectrique.

La membrane et le deuxième substrat peuvent ensuite être mis en contact.

Un procédé de réalisation d'un dispositif d'actionnement électrostatique selon l'invention peut donc comporter :

- une étape de formation d'une électrode souple sur un premier substrat,
- une étape de formation, dans un deuxième substrat, de moyens formant au moins un pivot, et d'au moins une électrode fixe par rapport à ce deuxième substrat.

Eventuellement on procède à une étape d'assemblage ou de mise en contact de l'électrode souple et du deuxième substrat.

Pour la réalisation d'un dispositif tel que celui de la figure 1 ou de la figure 2, on adapte le nombre et la position des plots et des électrodes fixes.

Les figures 3A et 3B représentent deux étapes de préparation d'un dispositif selon la figure 2, avec :

- une étape de formation d'une électrode souple 30 et d'une membrane 40, à partir d'un premier substrat,

5       - une étape de formation, dans un deuxième substrat 22, de moyens formant deux pivots 18, 28, et de deux plots 43, 45 de maintien de deux électrodes fixes 32, 34 par rapport à ce deuxième substrat.

L'assemblage des deux éléments ainsi formés conduit au dispositif de la figure 2.

10       L'invention peut être réalisée sous forme d'un composant MEMS (Micro Electro Mechanical System) électrostatique permettant d'obtenir un déplacement vertical important, sensiblement linéaire en fonction de la tension, tout en bénéficiant d'une force  
15 importante.

L'invention permet donc la réalisation d'un dispositif selon l'invention à partir de deux parties distinctes assemblées.

La première partie comprend le substrat 22,  
20 l'électrode fixe 12 ou les électrodes fixes 32,34, le ou les plots 18, 28, et éventuellement les plots 43, 45. La deuxième partie comprend l'électrode souple 16, 30, une charge ou le plot 38 et la membrane 40.

L'assemblage des deux parties peut être  
25 réalisé par collage, scellement, ou simplement en déposant une partie sur l'autre.

Ce procédé s'applique en particulier à la réalisation d'un miroir déformable.

Un procédé de réalisation de l'invention va  
30 maintenant être décrit, en liaison avec les figures 4A à 4F.

Selon ce procédé, on réalise un ou plusieurs actionneurs sur une face d'un substrat avant de libérer l'ensemble constitué par la membrane et les actionneurs.

5 Ce procédé met en oeuvre un substrat SOI 49.

Selon une première étape (figure 4A) un substrat SOI 49 est recouvert d'une couche 52 d'oxyde, et d'une couche 54 de polysilicium, le tout sur la  
10 couche superficielle 51 du substrat SOI.

Puis (figure 4B) des ouvertures 56, 58 sont réalisées dans la couche 54 de polysilicium, par photolithographie et gravure.

Les ouvertures larges 56 définissent le  
15 motif des structures en polysilicium. Les ouvertures 58, plus petites, sont en fait des trous de gravure qui permettront de libérer les structures en polysilicium.

Puis (figure 4C) la membrane est libérée par photolithographie et gravure à partir de la face  
20 arrière 57.

Ensuite (figure 4D) il est procédé à une étape de désoxydation, donc de libération de la membrane 54, et ce par attaque de la couche 52 d'oxyde par les ouvertures larges 56.

25 On a ainsi réalisé l'ensemble membrane-actionneur.

Sur un deuxième substrat 70 (figure 4E) vont être réalisées une couche diélectrique 72 (par exemple en un oxyde isolant), des électrodes fixes 76, des plots 78, ainsi que des moyens de connexion  
30 permettant d'adresser chaque actionneur

individuellement. Les électrodes fixes 76 et les plots 78 sont réalisés dans la couche de polysilicium, qui repose elle-même sur la couche 72. Une gravure, faite en deux étapes, permet de créer deux épaisseurs différentes, l'une pour les plots 78, l'autre pour les électrodes 76.

Les 4 plots 78 représentés sur la figure 4E vont permettre de former les 4 plots 18, 28, 43, 45 de la figure 2 et sont donc disposés de manière correspondante. De même les électrodes 76 correspondront aux électrodes 32, 34 de cette même figure 2.

Enfin (figure 4F) une oxydation ou un dépôt de toute autre couche diélectrique 80 permet d'isoler les deux électrodes.

Le premier substrat 49, tel qu'il a été obtenu et tel qu'illustré en figure 4D peut ensuite être retourné, posé sur le deuxième substrat 70, tel qu'obtenu à l'issue de l'étape 4F, pour connecter l'électrode mobile par « bonding » (ou assemblage moléculaire).

Pour la réalisation d'un dispositif tel que celui de la figure 1, on procède comme décrit ci-dessus, mais en adaptant le nombre et la position des plots et des électrodes fixes. L'électrode mobile peut être également réalisée comme indiqué ci-dessus, en étant complètement libérée lors de l'étape de la figure 4D.

**REVENDICATIONS**

1. Dispositif d'actionnement électro-statique, comportant :

- une électrode souple (30), ayant une première et une deuxième extrémités, au moins une partie de cette électrode étant mobile, ou formant une structure mobile, par rapport à un substrat,
- deux électrodes (32, 34), fixes par rapport au substrat (22),
- des moyens (18, 28), formant deux pivots de l'électrode souple, situés entre les deux extrémités de l'électrode souple, chaque électrode fixe étant située, lors du fonctionnement du dispositif, en face d'une portion de l'électrode souple située entre un des moyens formant pivot et l'extrémité de l'électrode souple la plus proche de ces moyens.

2. Dispositif selon la revendication 1, une charge étant disposée sur, ou fixée à, l'électrode souple, entre ses deux extrémités ou entre les moyens formant les deux pivots.

3. Dispositif selon la revendication 2, la charge étant une charge mécanique, et/ou un contact électrique, et/ou un composant électrique ou optique.

4. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, l'électrode souple étant reliée par un plot (38) à une membrane (50).

5. Dispositif selon la revendication 4, la membrane formant un miroir ou un correcteur de front d'onde.

5                   6. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, la partie mobile de l'électrode mobile étant mobile suivant au moins la direction perpendiculaire au substrat.

10                   7. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 6, une couche isolante (20) étant formée sur le substrat et/ou l'électrode souple.

15                   8. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 7, les moyens formant pivot comportant au moins un plot (18) fixe par rapport au substrat.

20                   9. Dispositif selon la revendication 8, chaque plot ayant une extrémité arrondie.

25                   10. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 9, les moyens formant pivot comportant au moins un bras disposé latéralement par rapport à l'électrode souple, ou deux bras disposés de part et d'autre de cette électrode.

30                   11. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 10, comportant en outre des moyens de contrôle de chaque différence de potentiel entre l'électrode souple ou mobile, et chaque électrode fixe.



12. Procédé de réalisation d'un dispositif d'actionnement électro-statique, comportant :

- la formation, sur un premier substrat, d'une première partie comportant une électrode souple  
5 (30), ayant une première et une deuxième extrémités,
- la formation, dans un deuxième substrat, d'une deuxième partie comportant un substrat (22), deux électrodes (32, 34), fixes par rapport au substrat (22), et des moyens (18, 28), destinés à former deux  
10 pivots de l'électrode souple,
- l'assemblage ou la mise en contact des première et deuxième parties, au moins une partie de l'électrode souple étant, après assemblage, mobile par rapport au substrat (22) de la deuxième partie, les  
15 moyens formant deux pivots de l'électrode souple étant situés entre les deux extrémités de l'électrode souple, chaque électrode fixe étant située, lors du fonctionnement du dispositif, en face d'une portion de l'électrode souple située entre un des moyens formant  
20 pivot et l'extrémité de l'électrode souple la plus proche de ces moyens.

13. Procédé selon la revendication 12, comportant en outre une étape de formation d'une couche  
25 diélectrique sur l'électrode mobile.

14. Procédé selon la revendication 12 ou 13, comportant en outre une étape de formation d'une couche diélectrique sur au moins les deux électrodes  
30 fixes et les moyens formant pivot.

15. Procédé de réalisation d'une membrane déformable, comportant :

- la réalisation d'un dispositif d'actionnement électro-statique, selon l'une des  
5 revendications 12 à 14,

- la formation d'une membrane (40, 50), et de moyens (38) de fixation de cette membrane à l'électrode souple (30).

10 16. Procédé selon la revendication 15, la membrane servant de, ou étant la membrane d'un, miroir ou d'un correcteur de front d'onde.

17. Procédé de fonctionnement d'un  
15 dispositif selon l'une des revendications 1 à 11, dans lequel :

- une différence de potentiel est appliquée entre l'électrode mobile (30) et chaque électrode fixe (32, 34), dites respectivement première et deuxième  
20 électrode fixe, cette différence de potentiel générant une force électrostatique en attraction entre les deux électrodes de chaque couple d'électrodes (électrode mobile, électrode fixe), de sorte que :

- les moyens formant pivots (18, 28)  
25 constituent des points d'appui pour la structure mobile, lorsque celle-ci est attirée par l'une et/ou l'autre des électrodes fixes (32, 34), la partie centrale (31) de l'électrode souple, ou la partie de cette électrode souple située entre les moyens formant  
30 pivots (18, 28), se déplaçant, ou montant et descendant, sous l'effet de forces mécaniques, tandis

que les parties latérales sont soumises aux forces électrostatiques.

18. Procédé selon la revendication 17, dans lequel :

- si on diminue la différence de potentiel entre la première électrode fixe (32) et l'électrode mobile (30), et si on augmente la différence de potentiel entre la deuxième électrode fixe (34) et l'électrode mobile (30), la structure mobile bascule progressivement du côté de la première électrode fixe (32),

- si on augmente la différence de potentiel entre la première électrode fixe (32) et l'électrode mobile (30), et si on diminue la différence de potentiel entre la deuxième électrode fixe (34) et l'électrode mobile (30), la structure mobile bascule progressivement du côté de la deuxième électrode fixe (34),

- si on diminue la différence de potentiel entre la première électrode fixe (32) et l'électrode mobile (30), et si on diminue simultanément la différence de potentiel entre la deuxième électrode fixe (34) et l'électrode mobile (30), la structure mobile descend vers le substrat, suivant un axe dit axe ZZ',

- si on augmente la différence de potentiel entre la première électrode fixe (32) et l'électrode mobile (30), et si on augmente simultanément la différence de potentiel entre la deuxième électrode fixe (34) et l'électrode mobile (30), la structure

mobile monte en s'éloignant du substrat, suivant l'axe ZZ'.

19. Procédé de fonctionnement d'un  
5 dispositif selon l'une des revendications 1 à 11, dans lequel :

- une différence de potentiel est appliquée entre l'électrode mobile (30) et chaque électrode fixe (32, 34), dites respectivement première et deuxième  
10 électrode fixe, cette différence de potentiel générant une force électrostatique en attraction entre les deux électrodes de chaque couple d'électrodes (électrode mobile, électrode fixe), de sorte que :

- si on diminue la différence de potentiel  
15 entre la première électrode fixe (32) et l'électrode mobile (30), et si on augmente la différence de potentiel entre la deuxième électrode fixe (34) et l'électrode mobile (30), la structure mobile bascule progressivement du côté de la première électrode fixe  
20 (32),

- si on augmente la différence de potentiel entre la première électrode fixe (32) et l'électrode mobile (30), et si on diminue la différence de potentiel entre la deuxième électrode fixe (34) et  
25 l'électrode mobile (30), la structure mobile bascule progressivement du côté de la deuxième électrode fixe (34),

- si on diminue la différence de potentiel entre la première électrode fixe (32) et l'électrode  
30 mobile (30), et si on diminue simultanément la différence de potentiel entre la deuxième électrode

fixe (34) et l'électrode mobile (30), la structure mobile descend vers le substrat, suivant un axe dit axe ZZ',

5                   - si on augmente la différence de potentiel entre la première électrode fixe (32) et l'électrode mobile (30), et si on augmente simultanément la différence de potentiel entre la deuxième électrode fixe (34) et l'électrode mobile (30), la structure mobile monte en s'éloignant du substrat, suivant l'axe  
10   ZZ'.

1 / 4

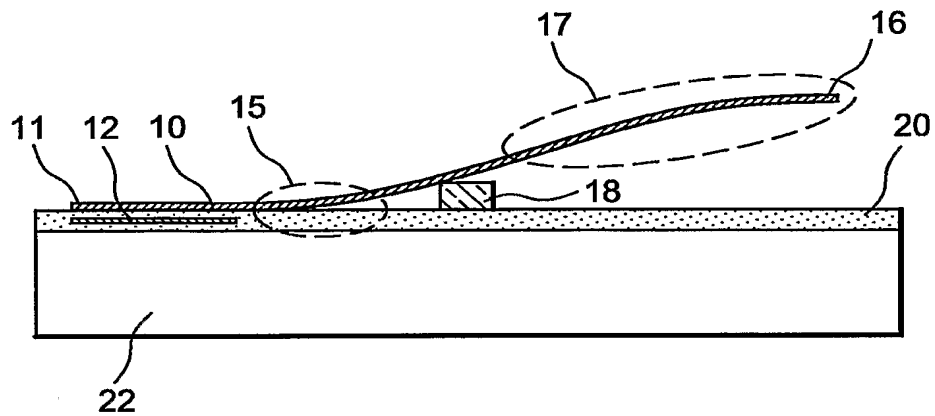


FIG. 1

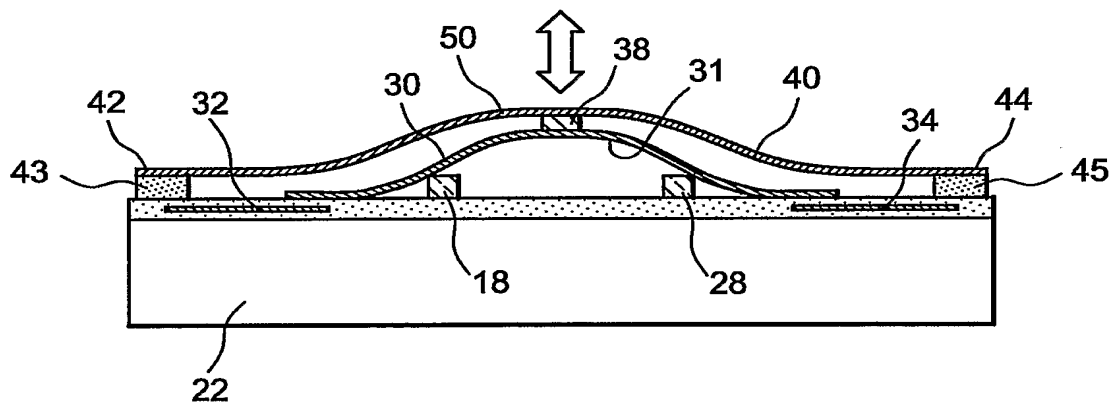


FIG. 2

2 / 4

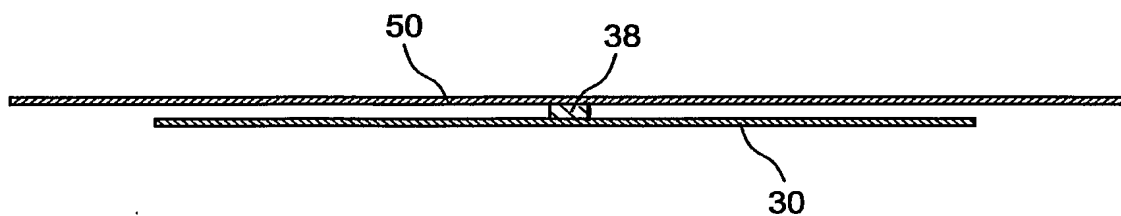


FIG. 3A

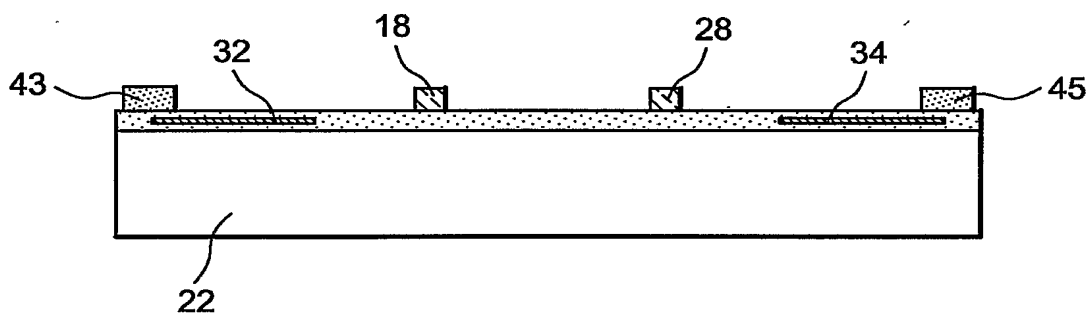


FIG. 3B

3 / 4

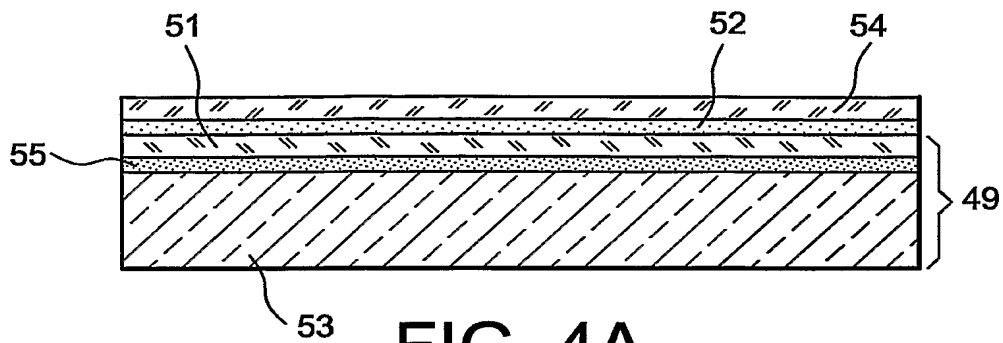


FIG. 4A

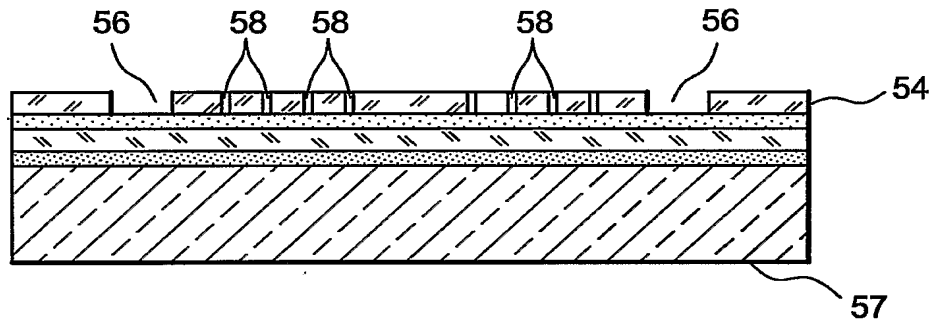


FIG. 4B

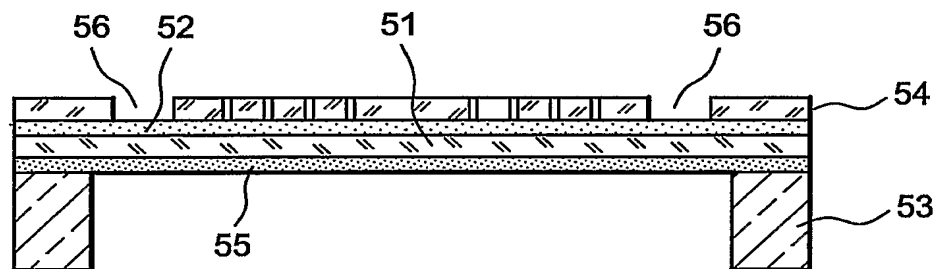


FIG. 4C



4 / 4

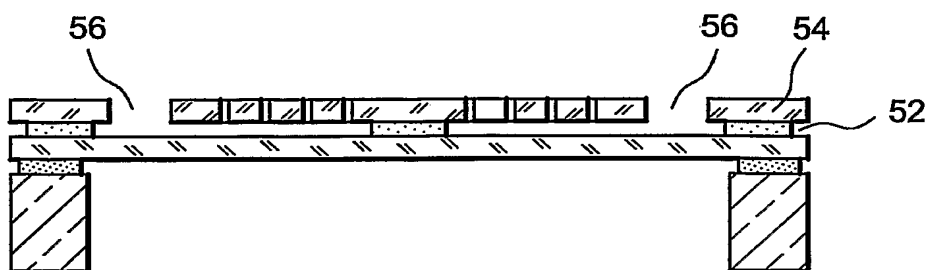


FIG. 4D

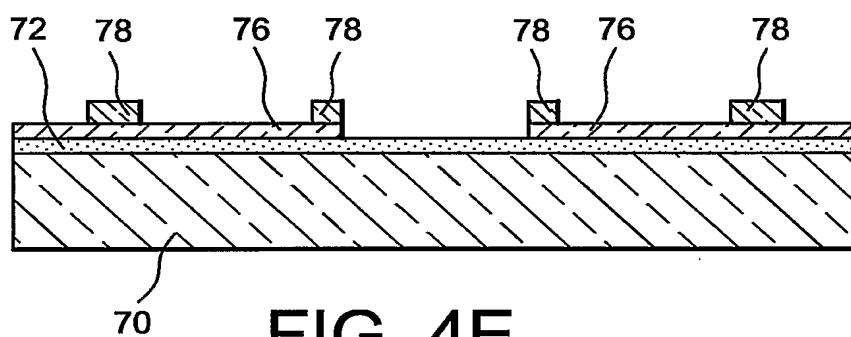


FIG. 4E

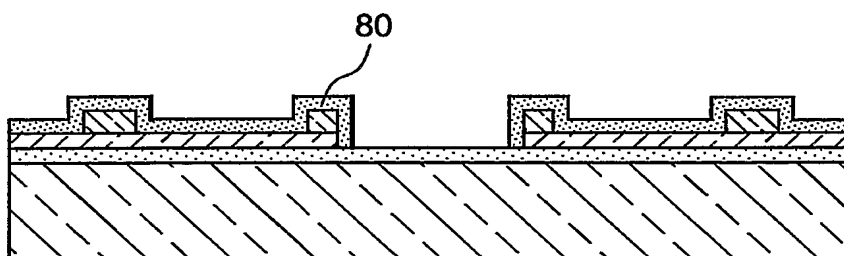


FIG. 4F

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR2004/050759

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 H02N1/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H02N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	AKSYUK V A ET AL: "Optically-powered optical power limiter for use in lightwave networks" MICRO ELECTRO MECHANICAL SYSTEMS, 1999. MEMS '99. TWELFTH IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ORLANDO, FL, USA 17-21 JAN. 1999, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, US, 17 January 1999 (1999-01-17), pages 344-348, XP010321679 ISBN: 0-7803-5194-0 page 346, column 2, line 37 - page 347, column 1, line 18 ----- -/--	1-3,6, 11,12,17

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

6 May 2005

Date of mailing of the international search report

13/05/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Contreras Sampayo, J

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR2004/050759

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>BIFANO T G ET AL: "CONTINUOUS-MEMBRANE SURFACE-MICROMACHINED SILICON DEFORMABLE MIRROR"</p> <p>OPTICAL ENGINEERING, SOC. OF PHOTO-OPTICAL INSTRUMENTATION ENGINEERS. BELLINGHAM, US, vol. 36, no. 5, 1 May 1997 (1997-05-01), pages 1354-1359, XP000692365</p> <p>ISSN: 0091-3286</p> <p>page 1354, column 2, line 24 - page 1355, column 1, line 12; figure 2</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	<p>1-6,8, 11,12, 15-17</p>
A	<p>KRISHNAMOORTHY MALI R ET AL: "DEVELOPMENT OF MICROELECTROMECHANICAL DEFORMABLE MIRRORS FOR PHASEMODULATION OF LIGHT"</p> <p>OPTICAL ENGINEERING, SOC. OF PHOTO-OPTICAL INSTRUMENTATION ENGINEERS. BELLINGHAM, US, vol. 36, no. 2, 1 February 1997 (1997-02-01), pages 542-548, XP000686879</p> <p>ISSN: 0091-3286</p> <p>page 542, column 1, line 26 - column 2, line 14; figures 1,4</p> <p>page 544, column 2, line 19 - line 36</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	<p>1-6,8, 11,12, 15-17</p>
A	<p>VAN DER WIJNGAART W ET AL: "A high-stroke, high-pressure electrostatic actuator for valve applications"</p> <p>SENSORS AND ACTUATORS A, ELSEVIER SEQUOIA S.A., LAUSANNE, CH, vol. 100, no. 2-3, 1 September 2002 (2002-09-01), pages 264-271, XP004374984</p> <p>ISSN: 0924-4247</p> <p>page 264 - page 265; figures 2,4,8,11</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	<p>1,12</p>
A	<p>US 2002/171327 A1 (MILLER SAMUEL LEE ET AL) 21 November 2002 (2002-11-21) paragraph '0110!; figures 13a,13b</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	<p>1,12</p>
A	<p>ZHOU T ET AL: "MEMS-based 14&amp;emsp14;GHz resolution dynamic optical filter"</p> <p>ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, vol. 39, no. 24, 27 November 2003 (2003-11-27), pages 1744-1746, XP006024469</p> <p>ISSN: 0013-5194</p> <p>page 1744, column 1, line 16 - column 2, line 19; figure 2</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	<p>1,12</p>

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

### Information on patent family members

International Application No

PCT/FR2004/050759

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2002171327 A1	21-11-2002	US 2001048265 A1	06-12-2001
		AU 7289801 A	23-10-2001
		WO 0177001 A2	18-10-2001

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR2004/050759

## A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 H02N1/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H02N

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	<p>AKSYUK V A ET AL: "Optically-powered optical power limiter for use in lightwave networks"</p> <p>MICRO ELECTRO MECHANICAL SYSTEMS, 1999. MEMS '99. TWELFTH IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ORLANDO, FL, USA 17-21 JAN. 1999, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, US, 17 janvier 1999 (1999-01-17), pages 344-348, XP010321679</p> <p>ISBN: 0-7803-5194-0</p> <p>page 346, colonne 2, ligne 37 - page 347, colonne 1, ligne 18</p> <p>-----</p> <p>-/--</p>	<p>1-3,6, 11,12,17</p>

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

### ° Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

6 mai 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

13/05/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Contreras Sampayo, J

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	<p>BIFANO T G ET AL: "CONTINUOUS-MEMBRANE SURFACE-MICROMACHINED SILICON DEFORMABLE MIRROR"</p> <p>OPTICAL ENGINEERING, SOC. OF PHOTO-OPTICAL INSTRUMENTATION ENGINEERS. BELLINGHAM, US, vol. 36, no. 5, 1 mai 1997 (1997-05-01), pages 1354-1359, XP000692365</p> <p>ISSN: 0091-3286</p> <p>page 1354, colonne 2, ligne 24 - page 1355, colonne 1, ligne 12; figure 2</p>	1-6,8, 11,12, 15-17
A	<p>KRISHNAMOORTHY MALI R ET AL: "DEVELOPMENT OF MICROELECTROMECHANICAL DEFORMABLE MIRRORS FOR PHASEMODULATION OF LIGHT"</p> <p>OPTICAL ENGINEERING, SOC. OF PHOTO-OPTICAL INSTRUMENTATION ENGINEERS. BELLINGHAM, US, vol. 36, no. 2, 1 février 1997 (1997-02-01), pages 542-548, XP000686879</p> <p>ISSN: 0091-3286</p> <p>page 542, colonne 1, ligne 26 - colonne 2, ligne 14; figures 1,4</p> <p>page 544, colonne 2, ligne 19 - ligne 36</p>	1-6,8, 11,12, 15-17
A	<p>VAN DER WIJNGAART W ET AL: "A high-stroke, high-pressure electrostatic actuator for valve applications"</p> <p>SENSORS AND ACTUATORS A, ELSEVIER SEQUOIA S.A., LAUSANNE, CH, vol. 100, no. 2-3, 1 septembre 2002 (2002-09-01), pages 264-271, XP004374984</p> <p>ISSN: 0924-4247</p> <p>page 264 - page 265; figures 2,4,8,11</p>	1,12
A	<p>US 2002/171327 A1 (MILLER SAMUEL LEE ET AL) 21 novembre 2002 (2002-11-21)</p> <p>alinéa '0110!; figures 13a,13b</p>	1,12
A	<p>ZHOU T ET AL: "MEMS-based 14&amp;emsp14;GHz resolution dynamic optical filter"</p> <p>ELECTRONICS LETTERS, IEE STEVENAGE, GB, vol. 39, no. 24, 27 novembre 2003 (2003-11-27), pages 1744-1746, XP006024469</p> <p>ISSN: 0013-5194</p> <p>page 1744, colonne 1, ligne 16 - colonne 2, ligne 19; figure 2</p>	1,12

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

### Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande Internationale No

PCT/FR2004/050759

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2002171327 A1	21-11-2002	US 2001048265 A1	06-12-2001
		AU 7289801 A	23-10-2001
		WO 0177001 A2	18-10-2001